

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЛИВКИ И УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

*Ахметова А.А.*

*Руководитель - доцент, к.т.н. Петроченко Е.В.*

Магнитогорский ГТУ им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск ,  
ruskp06@rambler.ru

Проведены исследования химического состава и влияния скорости охлаждения расплава на механические свойства и структурные характеристики литых штамповых инструментальных сталей.

В качестве объектов исследования были использованы следующие марки штамповых сталей:

- 4Х5В2ФСЛ, масс. %: 0,35-0,45 С; 0,8-1,2 Si; 0,15-0,45 Mn; до 0,35 Ni; до 0,03 S и P; 4,5-5,5 Cr; 0,6-0,9 Mo; 1,6-2,2 W; 0,6-0,9 V; до 0,3 Cu. Сталь, применяемая для изготовления пресс-форм для литья под давлением цинковых, алюминиевых и магниевых сплавов, молотовых и прессовых вставок (сечением до 200—250 мм) при горячем деформировании конструкционных сталей, инструмента для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на горизонтально-ковочных машинах;

- 3Х3М3ФЛ, масс. %: 0,27-0,34 С; 0,1-0,4 Si; 0,2-0,5 Mn; до 0,35 Ni; до 0,03 S и P; 2,8-3,5 Cr; 2,5-3 Mo; 0,4-0,6 V; до 0,3 Cu. Сталь, используемая для инструмента горячего деформирования на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах, подвергающегося в процессе работы интенсивному охлаждению (как правило, для мелкого инструмента), пресс-форм литья под давлением медных сплавов.

Экспериментальные сплавы получали в индукционной печи ИСТ-006 с основной футеровкой. Образцы заливали в литейные формы с различной теплоаккумулирующей способностью – в песчано-глинистую форму (сухую) и чугунный кокиль. Это обусловило различные условия охлаждения расплавов.

В работе температуру заливки ( $t_{зал}$ ) принимали с учетом перегрева ( $\Delta t$ ) расплава над температурой ликвидус ( $t_{ликв}$ ), °C: 80; 130; 180. Температуры ликвидус расплавов были определены на аналогово-цифровом преобразователе ЛА-50USB. Для стали марки 3Х3М3ФЛ  $t_{ликв}=1470^{\circ}\text{C}$ , для стали 4Х5В2ФСЛ -  $t_{ликв}=1460^{\circ}\text{C}$ .

Количественный и качественный анализ проводили на анализаторе изображений Thixomet PRO при увеличении от 100 до 1000 крат на шлифах до и после травления.

Испытания на износостойкость ( $K_{и}$ ) исследуемых образцов проводили по методике, регламентированной ГОСТ 23.208-79 «Метод испытания материалов на износостойкость при трении о не жестко закрепленные абразивные частицы». Испытания проводились на образцах с размерами 35х35х10 мм. В качестве абразива использовался электрокорунд зернистостью № 16П по ГОСТ 3647-80. Мерой износа служило отношение потери веса образца к потере веса эталона, в качестве которого использовали сталь 45.

Твердость образцов по Роквеллу определяли на приборе Ernst AT 130D в соответствии с ГОСТ 9012-59.

Твердость и коэффициент относительной износостойкости экспериментальных сталей 3Х3М3ФЛ и 4Х5В2ФСЛ изменялись в следующих пределах: 52-62; 61-63 HRC и 1,30-1,80; 1,14-1,75  $K_{и}$  соответственно.

Полученные свойства и структура опытных образцов, залитых в песчано-глинистые формы и кокиль различны. Определяя переохлаждение, при котором начинается кристаллизация, скорость охлаждения меняет кристаллизационные параметры: скорость образования центров и линейную скорость роста кристаллов).

Микроструктура стали 3Х3М3ФЛ, залитой при  $t_{зал}=1550^{\circ}\text{C}$ , представлена участками мелкозернистого перлита (темная составляющая) с параллельными цепочками карбидных частиц и областью двойного эвтектоида в виде сплошной и частично разорванной сетки по границам перлитных колоний. Двойной эвтектоид (светлая составляющая) состоит из ферритной матрицы и карбидов ванадия VC ( $\Phi+VC$ ). С увеличением скорости охлаждения отливки микротвердость темной составляющей увеличивается (таблица). При получении отливки в кокиле изменяются размеры структурных составляющих: размеры перлитных колоний становятся меньше и сетка эвтектоида  $\Phi+VC$  - более тонкой, что оказывает положительное влияние на свойства стали. Накопленный ранее опыт по изучению строения литых сплавов показал, что преимущественно влияние на свойства отливок оказывают размер и форма кристаллических зерен.

Микротвердость структурных составляющих сталей 3Х3М3ФЛ и 4Х5В2ФСЛ представлена в таблице.

С увеличением перегрева расплава над температурой ликвидус изменяется структура металлической основы стали 3Х3М3ФЛ. Она состоит из мартенсита и аустенита. Область двойного эвтектоида  $\Phi+VC$  сохраняется. При этом тенденция измельчения структуры в зависимости от условий охлаждения сохраняется. При заливке образцов в сухие песчано-глинистые формы структура представлена грубоиглольчатым мартенситом.

При заливке образцов в металлическую форму получен средне - и крупноигольчатый мартенсит, светлая составляющая тоньше.

Таблица Микротвердость экспериментальных сталей HV

3X3M3ФЛ		
температура заливки $t_{зал}$ , °C	тип литейной формы	
	сухая ПГФ	кокиль
1550	386; 349/394; 428	316; 363/470; 486; 486; 445
1600	327; 316 / -	735; 768/ -
1650	480; 479; 581/ -	522; 635/ -*
4X5B2ФСЛ		
температура заливки $t_{зал}$ , °C	тип литейной формы	
	сухая ПГФ	кокиль
1540	779; 821/813; 802	223/ 808; 530
1590	586; 789; 726; 783/ -	738; 717/ -
1640	-	605; 8604 875/862; 745*

\*- темная составляющая/ светлая составляющая

Сталь 4X5B2ФСЛ содержит избыточные специальные карбиды VC, выделяющиеся по границам зерен аустенита в виде тонких прожилок. В результате легирования ванадием превращение в перлитной области начинается с образования эвтектоидной смеси феррита и карбидов VC (Ф+VC). После этого образуется эвтектоид, аналогичный перлиту. Перлит образуется только при очень медленном охлаждении. Эвтектоид Ф+VC – светлая ферритная матрица содержит VC в виде тонких длинных пластин или мелких глобулей. Образуется аномальная структура эвтектоида Ф+VC в результате выделения VC на избыточных карбидах VC. Структура образцов стали 4X5B2ФСЛ состоит из двойного эвтектоида и мартенситно-аустенитных областей.

При увеличении температуры заливки до 1640°C размер игл мартенсита с 16-20 уменьшается до 10-16 мкм (для стали, залитой в сухие ПГФ) и 10-12 до 12-16 мкм (для стали, залитой в металлические формы). При этом область двойного эвтектоида с увеличением перегрева расплава над температурой ликвидус становится меньше.

Анализ экспериментальных данных позволил установить не только уровень показателей свойств, но и проследить тенденцию их изменения в зависимости от скорости охлаждения при затвердевании.